

# 半導体企業の設備投資に関する実証研究

- 日米半導体協定の影響について -

東 壯 一 郎

- ．はじめに
- ．半導体市場の特徴
- ．半導体企業の構造変遷
- ．日米半導体協定
- ．半導体企業の設備投資に関する回帰分析
- ．おわりに

## ．はじめに

日本の半導体企業の苦境が続いている。エルピーダメモリが2012年2月27日に会社更生法の適用を申請したのに続き、ルネサス エレクトロニクスは経営再建に向けて、政府系ファンドである産業革新機構などを割当先とする第三者割当増資を2013年9月30日に実施し、1500億円の出資を受け入れた。凋落の原因については、さまざまな要因が考えられる。1980年代に大躍進を遂げ、同年代末には世界シェア50%を超える世界の座に上り詰めたが、これをピークに1990年代以降、状況の好転を見ることなく、20余年を経て現在に至っている。半導体市場自体は現在に至るまで継続的な成長を続けてきたため、新規参入があとを絶たず、しかも相当大きな設備投資を継続的に行なわざるを得ないという特徴がある。

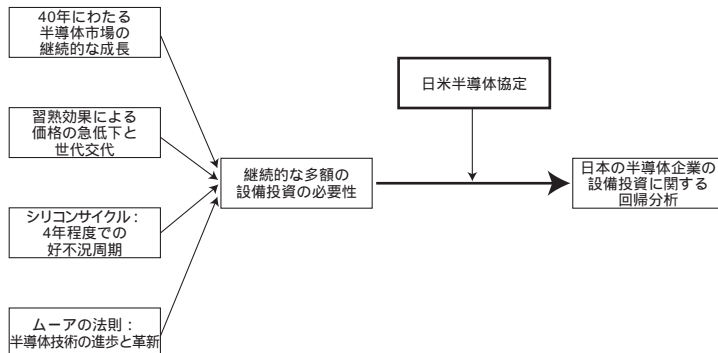
筆者は現在、半導体製造装置メーカーに勤務している。デバイスメーカーの設備投資状況により業績は常に左右され不安定である。近年デバイスメーカーの寡占化により、装置メーカーの価格交渉力が大きく減退しており、生き残りのため競合との差別化が重要となっている。半導体業界はムーアの法則により、持続的に技術進歩が起これ、長期にわたり継続的な設備投資の実施が求められるため、デバイスメーカーの設備投資状況を考察することで、半導体企業の特徴を明らかにし、装置メーカー（自社）の設備投資の意思決定モデル構築の一助としたいと

考える。

1986年に締結され1995年までの10年間にわたり我が国の半導体業界を縛ってきた日米半導体協定は、日本の半導体産業に大きな影響を与えた。この期間は業界の凋落のはじまった時期と重なる。本稿では、日米半導体協定の更新を迎えた1991年を分岐点として、その前後期間において半導体企業の設備投資の動向を考究したい。統計手法としては回帰分析を実施し、日米半導体協定の与えた影響を実証的に検証する。

本稿の概略は以下のとおりである(図表1)。

図表1 本稿の概略



## ．半導体市場の特徴

半導体市場の特徴は、新しい画期的な製品の登場によって市場の拡大が長期にわたり継続しているなかで、好不況の波を周期的に繰り返していることがあげられる。1970年以降、40年にわたって年率2桁のペース(1970年より2000年まで年率14%、2000年以降年率7%)<sup>1)</sup>で半導体需要は増大し続け、市場は継続的に拡大している。この成長過程では、シリコンサイクル<sup>2)</sup>とよばれる4年程度の周期で好不況の波が繰り返されている。このため半導体市場は継続的な成長を続

1) 電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会[2009], p.242.

2) シリコンサイクルとは、供給不足 価格堅調 設備増強 供給能力向上 供給過剰 投資抑制 供給能力低下が4年程度の周期で発生し、好不況の波を繰り返している。

けており、新規参入があとを絶たず、相当大きな設備投資を継続的に行なわざるを得ないことから、需要量と供給量とのバランスが周期的に崩れている<sup>3)</sup>。この結果、多くの製品分野で価格が急速に低下し、それが世代交代によって繰り返されている。また、習熟効果<sup>4)</sup>(経験効果)が強く働くことも、価格の急低下の一因として考えられている。

半導体市場を世界全体で見ると、かつては米国、日本、欧州という先進国中心の市場であった。1990年代から中国をはじめとした新興国市場へ急速に拡大した。世界市場の地域的拡大は、まず米国において半導体市場が形成し、その後欧州、日本において半導体市場が形成され、1980年代までは主に先進国における市場拡大であった。1990年代に入ると、東アジアにおいて半導体需要が増大し、とりわけエレクトロニクス製品組立の世界的拠点となる中国での半導体需要が激増していった。世界の工場となった中国のエレクトロニクス製品生産の増大が世界の半導体需要のありようを大きく変えていった<sup>5)</sup>。

半導体技術の進歩や革新は、ムーアの法則<sup>6)</sup>抜きに考えることはできない。半導体技術に関して最も有名なムーアの法則は「半導体チップの集積密度は1～2年間でほぼ倍増する」というものである。この「法則」は、フェアチャイルド・セミコンダクタ( Fairchild Semiconductor International Inc )およびインテル( Intel Corporation )の創業者の一人であるゴードン・ムーアの考え方である。この法則が広く知られるようになった後には、半導体産業における技術ロードマップの基本となっている。このロードマップに沿って企業が研究開発を行う状況になっている。2年に一度発表される ITRS ( International Technology Roadmap for Semiconductors )の半導体技術ロードマップ( 図表2 )では、ピッチ( 線幅+線間隔 )、集積度、チップサイズ、セル面積、ゲート面積などが基本的な指標として取り上げられている<sup>7)</sup>。ムーアの法則の限界はいつ訪れ、その限界を突破する技術上のブレークスルーが可能かどうかをめぐって、絶えず議論がたたかわされている。また、激しい研究開発競争が行なわれている。

3 )肥塚浩[ 2010 ], pp.28-29.

4 )習熟効果とは、「一般的に、ある製品を生産されるために必要な、製品1単位当りの直接労働の投入量が、累積生産量の増加につれて一定の割合で減少する」( 電子情報技術産業協会[ 2006 ], p.32. )

5 )電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会[ 2009 ], p.316.

6 )カリフォルニア工科大学名誉教授のカーバー・ミードが名付けた。

7 )肥塚浩[ 2010 ], p.27.

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

図表 2 国際半導体技術ロードマップ

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Flash 1/2 ピッチ ( nm )	38	32	28	25	23	20	18	15.9
DRAM 1/2 ピッチ ( nm )	52	45	40	36	32	28	25	22.5
MPU/ASIC 1/2 ピッチ ( nm )	54	45	38	32	27	24	21	18.9

出所) ITRS、『INTERNATIONAL TECHNOLOGY ROADMAP FOR SEMICONDUCTORS 2009 EDITION EXECUTIVE SUMMARY』をもとに筆者作成

次世代製品への移行には、製品開発から試作、量産化に至る相当長期間を必要とする。半導体メーカーはいち早く製品開発に成功し、それを量産していくまでの長期のプロセスを管理しながら、適切な時期に市場に新製品を投入する<sup>8)</sup>。長期にわたる研究開発投資と多額になっていく設備投資を行なうという企業行動が求められる。開発成功から量産化までの期間はますます長期化する方向にあり、市場で顧客を獲得し続けるには、開発・設備競争を粘り強く継続することを求められる。

### ．半導体企業の構造変遷

半導体デバイスのコスト構造に関して、フラッシュ、DRAM 等のメモリーメーカーと、CPU 等のロジックメーカーを比較すると、半導体の製造原価の実に 6 割強が半導体製造装置を主とする減価償却費で占められている(図表 3)。

図表 3 半導体デバイスのコスト構造

項 目		メモリー	ロジック
前工程	直接材料	5%	5%
	直接労働人件費	5%	5%
	変動経費	9%	8%
	減価償却費	40%	38%
	その他費用	12%	12%
後工程	パッケージ材料	2%	3%
	労働人件費・変動費	4%	4%
	減価償却費および固定費	23%	25%
合計		100%	100%

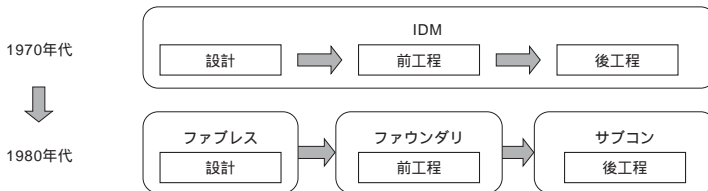
出所) 湯之上隆[ 2009 ], 図3-3

原出所は泉谷渉[ 2004 ],『図解 半導体ガイドブック』, p90, 東洋経済新報社

8 ) 肥塚浩[ 2010 ], p27.

特に前工程の減価償却費に至っては、露光装置をはじめとするウェハプロセス用処理装置の占める割合が大きく、約4割を占めている。今後も半導体の世代交代とともに露光装置の価格は上昇し続けるため、減価償却費の占める割合は一層高くなることが予想される<sup>9)</sup>。この結果、単独の一企業が開発から設計、生産、販売を全て手掛ける垂直統合型のIDM ( Integrated Device Manufacturer ) だけでなく、開発・設計のみを行うファブレス企業や、生産を請け負うファウンドリ、後工程を請け負うサブコンなど水平分業型の企業形態が共存するようになった ( 図表4 )。

図表4 半導体企業構造の変遷



出所) 石島達晃[ 2011 ], 図表2-6

1980年代に全盛期を迎えた日本のIDM( Integrated Device Manufacturer )は、半導体産業構造の変化に適応できず、日米半導体摩擦といった政治的要因も手伝って1990年代から衰退の一途をたどった。1980年代において日本はメインフレームと呼ばれる企業用大型コンピュータに用いられるDRAMのシェアで世界一を誇り、品質面でも価格面でも米国企業を大きくリードしていた。顧客である大型コンピュータメーカーから、DRAMは23年保証<sup>10)</sup>という高い品質を要求されていたため、日本企業のDRAM製造工程は、性能には直接関係なくても品質を向上させる工程を追加し、検査工程の頻度を上げるなどして、顧客の要求に伝えていった<sup>11)</sup>。

また、この躍進の背景には、超LSI技術研究組合と呼ばれる産官共同プロジェクトを立ち上げ、微細化の技術開発で大きな成果をあげたことも寄与し、この結果、日本の半導体は品質、価格、技術において絶対的な地位を築きあげ、1980年

9 )湯之上隆[ 2009 ], p 60.

10 )湯之上隆[ 2009 ], p 37.

11 )石島達晃[ 2011 ], p 20.

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

代後半には一時世界シェア 50%を超えるほどになった<sup>12)</sup>。

ところが、コンピュータがダウンサイジングされ、DRAM 需要がパソコンに切り替わるにつれ、20 年超保証の高品質 DRAM は、低コストが要請される PC 用 DRAM 向けにはむしろ過剰品質となった。折しも半導体産業における日本の台頭に危機感を抱いた米国は、1986 年に締結された日米半導体協定により、当時世界の半導体市場の 40%を占めていた日本市場において、外国製半導体のシェアをより高めることを約束させた。1991 年の更新時にはさらに数値目標として外国製半導体のシェア 20%以上が設定され、1996 年の失効まで数値目標達成に向け、日本の総合電機メーカーは自社製品に外国製半導体を使用するなどの配慮を行った<sup>13)</sup>。この結果、米国のシェア復活と韓国、台湾企業の台頭を許し、1989 年には IDM の売上高上位 10 社のうち 6 社を占めていた日本企業は、2000 年に 3 社となり、2006 年以降は 2 社にまで減少した(図表 5)。

図表 5 世界半導体メーカーの売上上位 10 社の推移

ランク	1971	1981	1986	1989	1991	1992	1995	1998	2000	2001	2002	2006	2010
1	Ti (米)	Ti (米)	NEC (日)	NEC (日)	NEC (日)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)	Intel (米)
2	Motorola (米)	Motorola (米)	東芝 (日)	東芝 (日)	東芝 (日)	NEC (日)	NEC (日)	NEC (日)	東芝 (日)	東芝 (日)	Samsung (韓)	Samsung (韓)	Samsung (韓)
3	FCI (米)	NEC (日)	日立製作所 (日)	日立製作所 (日)	Intel (米)	東芝 (日)	東芝 (日)	Motorola (米)	NEC (日)	STMicro (欧)	東芝 (日)	Ti (米)	東芝 (日)
4	NS (米)	Philips (欧)	Motorola (米)	Motorola (米)	Motorola (米)	日立製作所 (日)	東芝 (日)	Samsung (韓)	Samsung (韓)	Samsung (韓)	STMicro (欧)	Infineon (欧)	Ti (米)
5	Signetics (米)	日立製作所 (日)	Ti (米)	富士通 (日)	日立製作所 (日)	日立製作所 (日)	Motorola (米)	Ti (米)	Ti (米)	Ti (米)	Ti (米)	STMicro (欧)	STMicro (欧)
6	NEC (日)	東芝 (日)	NS (米)	Ti (米)	Ti (米)	Samsung (韓)	Samsung (韓)	Samsung (韓)	STMicro (欧)	NEC (日)	NEC (日)	東芝 (日)	株式会社ルネサ (日)
7	日立製作所 (日)	NS (米)	富士通 (日)	三菱電機 (日)	富士通 (日)	富士通 (日)	Ti (米)	日立製作所 (日)	Motorola (米)	Motorola (米)	Infineon (欧)	Hynix (韓)	Hynix (韓)
8	AMI (米)	Intel (米)	Philips (欧)	Intel (米)	三菱電機 (日)	三菱電機 (日)	富士通 (日)	Philips (欧)	日立製作所 (日)	日立製作所 (日)	Motorola (米)	株式会社ルネサ (日)	Micron (米)
9	三菱電機 (日)	松下電子工業 (日)	松下電子工業 (日)	松下電子工業 (日)	松下電子工業 (日)	Philips (欧)	三菱電機 (日)	STMicro (欧)	Infineon (欧)	Infineon (欧)	Philips (欧)	AMD (米)	Qualcomm (米)
10	Unitrode (米)	FCI (米)	三菱電機 (日)	Philips (欧)	Philips (欧)	Hyundai (韓)	Infineon (欧)	Infineon (欧)	Micron (米)	Philips (欧)	日立製作所 (日)	Freescale (米)	Broadcom (米)

注) Ti:Texas Instruments, FCI:Fairchild, NS:National Semiconductor, AMI:American Microsystems, SGS-T:SGS-Thomson (現 STMicroelectronics)

出所) 電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会[2003]表4-1-1  
原出所は Gartner/Dataquest

### ・日米半導体協定

日米半導体協定の正式の名称は、「日本政府と米国政府との間の半導体の貿易に関する取極(Arrangement between the Government of Japan and Government of the United States of America concerning Trade in Semiconductor Products)」

12) 石島達晃[2011], p.20.

13) 石島達晃[2011], p.20.

で、日米半導体協定は2つの米国通商法規(1974年通商法の第301条、1930年関税法第七章の反ダンピング条項に基づく救済措置)を挺子とする、半導体をめぐる日米間の貿易紛争を解決するために採られたユニークなアプローチである<sup>14)</sup>。締結期間は、第1次日米半導体協定(1986年9月～1991年7月)、第2次日米半導体協定(1991年8月～1996年7月)の10年間にわたる。日米半導体協定は、半導体をめぐる二件の貿易紛争事例(不公正貿易慣行)を解決することを目的としており、日本製半導体の米国市場および第三国市場におけるコスト以下での販売(ダンピング)、日本市場での米国製半導体の販売を制限している不公正な貿易障壁が主な内容である。その背景には米国の半導体産業の健全さと活力に対する国家安全保障面からの強い懸念があったとされる。国家安全保障面からの懸念は、テクノロジー・ドライバーとして知られるいくつかの品目の半導体の大量生産が米国の半導体産業の競争力向上に果たす役割に基づいている。重要な半導体分野が米国の半導体生産から失われるならば、数年後には米国のエレクトロニクス産業全体が大きな打撃を受けるもしくは崩壊するおそれがあり、米国の重要な国益が著しく損なわれると考えていたようである<sup>15)</sup>。

時間的な経過をより明確にするために、日米半導体協定の成立に係る主な事象について、通商産業省[1986～1995]の『通商白書各論』(通商産業調査会)に基づいて、時系列で整理を行った。

・1986年9月2日

正式に日米半導体協定(第1次)を締結<sup>16)</sup>。

・1987年4月17日

米国は、i)日本の米国以外の第三国への半導体のダンピング輸出を継続、ii)対日市場アクセスが未改善の2点において日本が半導体取極を遵守していないとし、日本の米国向け工業製品の一部(カラ・テレビ、パソコン等)に対して、一方的対日制裁措置(3億ドルの対日一方的関税引上げ措置)を発動した<sup>17)</sup>。

・1987年6月および11月

日米間の協議の結果、米側より段階的な解除表明があり、第三国ダンピングに関する部分は全て解除されたが、アクセス事由による制裁は依然として残さ

14)野木村忠邦[1987], p.163.

15)野木村忠邦[1987], p.164.

16)通商産業省[1987], p.533.

17)通商産業省[1989], pp.552-533.

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

れている<sup>18)</sup>。

・1991年6月31日

1986年9月から発効していた日米半導体協定の期限が1991年7月であったことから、日米両政府間で数次にわたり交渉を行った結果、1991年6月に新たな日米半導体協定を締結し、8月から発効した(期限5年)。新協定は、外国系半導体の日本市場へのアクセス拡大【サイドレターによる数値目標:20%<sup>19)</sup>】と日本製半導体のダンピング輸出防止を主たる内容としている。

前者については、外国系半導体の日本市場へのアクセス拡大のため日米双方が努力すべきこと、および日米企業間の長期的関係を推進すること等を規定している。また、後者については、日本企業は、対米輸出される特定の半導体について、価格およびコストに関するデータを収集・保管し、米国政府がダンピング調査を開始した場合にはこれらのデータを迅速に提出することとした<sup>20)</sup>。

この協定下で、日本の半導体市場のマ-ケットアクセスは着実に改善。例えば、半導体のシェアは1991年第3四半期16.5%から、1994年第四半期24.7%に上昇<sup>21)</sup>。

### ・半導体企業の設備投資に関する回帰分析

半導体企業の設備投資の動向を数量的に分析する。本稿では、回帰分析を以下の要領で実施した。

<サンプル>

半導体計画総覧：設備投資 1982年度から2001年度(20年)30社のうち、日経 NEEDS より財務諸表が閲覧できる23社を抽出(図表6)。

図表6 分析対象とした企業一覧

証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名	証券コード	会社名
6501	日立製作所	6645	オムロン	6752	パナソニック	6844	新電元工業	6974	日本インター
6502	東芝	6701	NEC	6753	シャープ	6882	三社電機製作所	7752	リコー
6503	三菱電機	6702	富士通	6758	ソニー	6911	新日本無線	9999	三洋電機
6504	富士電機	6703	OKI	6767	ミツミ電機	6923	スタンレー電気		
6513	オリジン電気	6707	サンケン電気	6801	東光	6963	ローム		

18 )通商産業省[ 1989 ], pp.552-533.

19 )大塚根聡[ 2002 ], pp.146-163.

20 )通商産業省[ 1993 ], p.582.

21 )通商産業省[ 1995 ], p.591.



< (1) 経済産業省モデルの概要 >

この分野の研究としては、経済産業省による実証研究がある。これは、同省の統計 - 産業活動分析(平成 22 年 4 - 6 月期) トピックス分析「設備投資の動向について」である。対象期間は 1987 年 4 月から 2009 年 3 月までの長期的な分析となっている。企業規模(大企業、中堅・中小企業の別 資本金 10 億円以上を大企業、10 億円未満を中堅・中小企業としている)や業種(製造業・非製造業の別)についての回帰分析を実施したものである。製造業のうち設備投資額が大きい電気・情報通信機械器具製造業については、別途より詳細な個別的な回帰分析を実施したものである。3 期間に分類した対象期間において、電気・情報通信機械器具製造業の回帰分析の結果は、3 期間の自由度調整済み決定係数( $R^2_{adj}$ )がそれぞれ 0.963、0.809、0.907 と極めて高い結果を得ている。なお、従属変数は設備投資、独立変数はキャッシュフロー・設備過剰感・企業物価指数・景況感・負債比率・長期プライムレートである。

< (2) 拡張モデルの概要 >

日米半導体協定(1986 ~ 1996 年)で取り上げられた不公正貿易慣行の一つは、日本製半導体の米国市場および第三国市場におけるダンピングである。1985 年 9 月 22 日のプラザ合意以降、当時 \$ 1 = ¥ 240 だった為替相場は、急速に円高が進行し、1995 年 4 月 19 日には \$ 1 = ¥ 79.75 となり、為替レートは半導体企業の設備投資動向に影響を与えていると推測される。このため、為替レート(¥ / US\$)を経済産業省モデルの独立変数に新たに加えて回帰分析を行った。日本の半導体企業は輸出産業であるため、円高の場合は設備投資に消極的となり、反対に円安場合は積極的になると考えられる。

< 独立変数の説明 >

企業が設備投資を行う際には、様々な判断材料、環境要因が考えられる。このモデルの独立変数は次のとおりである。

キャッシュフロー (CF)

企業の内部資金としての位置づけがあり、キャッシュフローの増減は設備投資の増減に影響を与えと考えられる。キャッシュフローの計算方法は幾

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

つかがあるが、本稿では、日経 NEEDS の簡易版キャッシュフロー（A）<sup>22）</sup>を用いる。

### 設備過剰感( *PDI* )

生産・営業用設備 *DI*（日銀短観）は、設備が「過剰」であると判断した企業の割合から、「不足」していると判断した企業の割合を引いた指標である。設備の過剰感を表すものとなっているため、過剰感が強ければ（*DI* 値が高ければ）設備投資を控え、不足感が強ければ（*DI* 値が低ければ）設備投資に積極的になると考えられる。

### 景況感( *BDI* )

企業は、将来の景気が上向いていると予想すれば、設備投資に積極的になることが考えられ、逆に、景気が悪くなっていると予想すれば、設備投資は消極的になると考えられる。将来の景況感については、業況判断 *DI*（次期予測）によっている。

### 負債比率( *DR* )

企業の財務の健全性や安全性をみる指標の一つとして負債比率（有利子負債残高を自己資本で除したもの）があるが、設備投資を行うにあたり、負債比率も判断材料の一つと考えられ、負債比率が高い場合は設備投資に消極的となり、反対に低い場合は積極的になると考えられる。

### 実質金利( 長期プライムレート( *PR* )と国内企業物価( *GP* ) )

企業が設備投資を行う際、その資金を外部から調達するケースが考えられる。金利が高ければ資金調達コストが上がることから、設備投資に消極的になり、逆に金利が低い場合には、積極的になると考えられる。

本稿では、実質金利を経済産業省モデルにならない長期プライムレート

---

22) 簡易版キャッシュフロー（A）＝税引前当期利益＋減価償却実施額－減損損失＋（流動資産合計[ - 1 ] - 現金・預金[ - 1 ] - 有価証券[ - 1 ] - 営業貸付金・営業投資有価証券[ - 1 ] - 自己株式[ - 1 ]） - （流動資産合計 - 現金・預金 - 有価証券 - 営業貸付金・営業投資有価証券 - 自己株式） + （流動負債合計 - 短期借入金 - 役員・従業員短期借入金 - コマーシャルペーパー - 1年内返済の長期借入金 - 1年内償還の社債・転換社債） - （流動負債合計[ - 1 ] - 短期借入金[ - 1 ] - 役員・従業員短期借入金[ - 1 ] - コマーシャルペーパー[ - 1 ] - 1年内返済の長期借入金[ - 1 ] - 1年内償還の社債・転換社債[ - 1 ]）

(  $PR$  ) と国内企業物価(  $GP$  )に分ける。

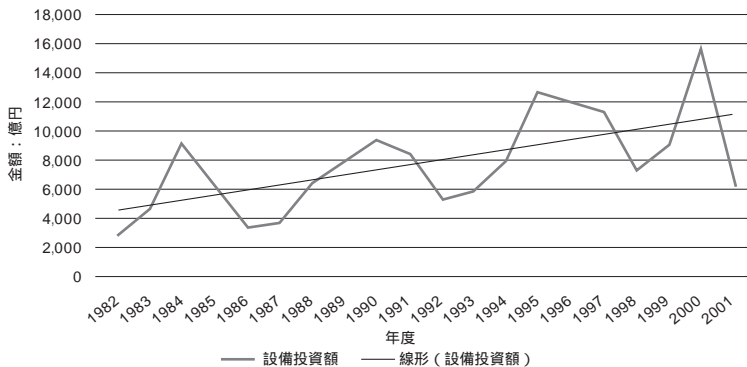
#### 為替レート( $DR$ )

為替レートが企業に与える影響は、輸出企業の場合には、円高( 円安 )が進むと売上高の減少( 増加 )に伴う利益の減少( 増加 )により、設備投資を減少( 増加 )させる誘因をもつ。一方で輸入企業の場合には、円高( 円安 )が進むと仕入高の減少( 増加 )に伴う利益の増加( 減少 )により、設備投資を増加( 減少 )させる誘因をもつ。日本の半導体企業は輸出産業であるため、円高の場合は設備投資に消極的となり、反対に円安場合は積極的になると考えられる。

#### < 従属変数：設備投資額の推移 >

従属変数である設備投資額の推移は以下のとおりである( 図表 7 - 1、図表 7 - 2 )

図表 7 - 1 設備投資額の推移( 1982 ~ 2001年度 )



図表 7 - 2 設備投資額の推移( 1982 ~ 2001年度 )

単位：億円

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2,881	4,674	9,100	6,387	3,436	3,658	6,351	7,727	9,360	8,494
1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5,192	5,804	8,084	12,668	12,230	11,362	7,359	9,092	15,789	5,958

シリコンサイクルの影響により、設備投資額は大きく変動している。グラフに追記した線形近似曲線が示すとおり、傾きは右上がりとなっており、設備投資額

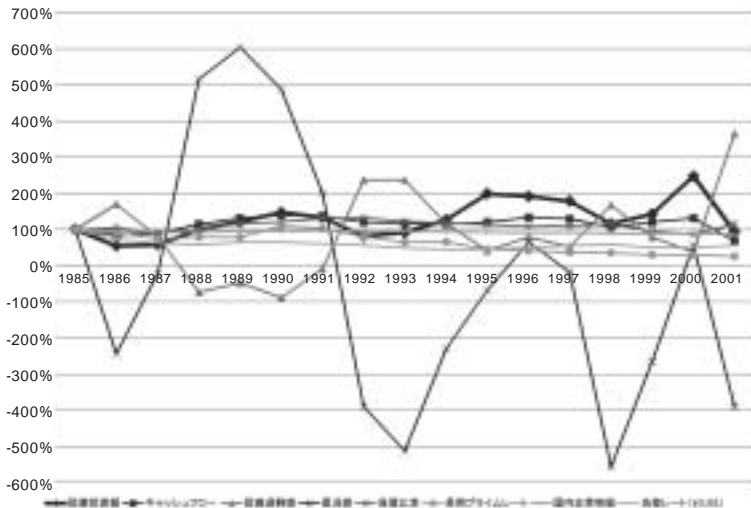
## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

は対象期間である 1982 年度から 2001 年度では継続して増加していることがわかる。

### < 設備投資額( 従属変数 )と独立変数との fan chart >

設備投資額( 従属変数 )と独立変数との fan chart <sup>23)</sup> は次のとおりである( 図表 8 )。

図表 8 設備投資額( 従属変数 )と独立変数の fan chart - 1985 年度基準



対象期間は 1982 年度から 2001 年度であるものの、景況感( *BDI* )において 1982 年度および 1983 年度、設備過剰感( *PDI* )において 1983 年度および 1984 年度においてマイナスとなっていることから、1985 年度を 100 として fan chart を作成した。設備投資( *I* )と景況感( *BDI* )はほぼ同じ傾向で推移しており、設備過剰感( *PDI* )は前者と逆に推移している。設備投資( *I* )とキャッシュフロー( *CF* )は比較的同じ傾向で、若干の遅れを持って推移しているが、負債比率( *DR* )と為替レート( *ER* )は前者と逆に推移している。国内企業物価( *GP* )は下落傾向であ

23) 複数の値の変動を図示するためのグラフの種類の一つで、ある時点のデータを基準値として、その後の変動を基準値に対する割合によって折れ線グラフとして描画するもの。グラフ左端の基準値の時点ではすべての系列が同じ値に重なっており、その後の値はその系列における基準値に対する割合で示される。初期値が異なる複数のデータ系統の増減の度合いを比較したい場合に用いられる。

るものの、殆ど変化がない。

<各モデルの回帰式(直線)>

各モデルの回帰式(直線)は、次のとおりである。

(1)経済産業省モデル

$$I_{it} = b_0 + b_1 CF_{it} + b_2 PDI_{it} + b_3 GP_{it} + b_4 BDI_{it} + b_5 DR_{it} + b_6 PR_{it} \quad (1)$$

$I_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の設備投資額

$CF_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期のキャッシュフロー

$PDI_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の設備過剰感(生産・営業設備 DI)

$GP_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の国内企業物価

$BDI_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の景況感(業況判断 DI - 次期予測)

$DR_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の負債比率

$PR_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の長期プライムレート

$b_0$  : 定数項、 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  : パラメータ

(2)拡張モデル

$$I_{it} = b_0 + b_1 CF_{it} + b_2 PDI_{it} + b_3 GP_{it} + b_4 BDI_{it} + b_5 DR_{it} + b_6 PR_{it} + b_7 ER_{it} \quad (2)$$

$I_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の設備投資額

$CF_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期のキャッシュフロー

$PDI_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の設備過剰感(生産・営業設備 DI)

$GP_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の国内企業物価

$BDI_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の景況感(業況判断 DI - 次期予測)

$DR_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の負債比率

$PR_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の長期プライムレート

$ER_{it}$  : 企業  $i$  の  $t$  期の為替レート

$b_0$  : 定数項、 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$  : パラメータ

<対象期間の分岐と各モデルの独立変数選択基準>

対象期間の分岐と各モデルの独立変数選択基準は、次のとおりである。

日米半導体協定の締結期間は10年にわたり、第1次日米半導体協定(1986年

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

9月～1991年7月)は更新され、第2次日米半導体協定(1991年8月～1996年7月)が締結されていることから、1991年を境に2つの期間に分岐できる。日米半導体協定の影響を考察するため、対象期間は1991年度を境に、1982年度から1991年度(前半)と1992年度から2001年度(後半)にわけて回帰分析を実施した。

統計解析ソフトウェア：IBM SPSS Statistics 22を使用し、各独立変数は、従属変数である設備投資額に対して時差相関係数を取り、最も時差相関係数が高いラグを設けた。次に、独立変数をできるだけ多く集めるため、独立変数選択基準をF値＝1とし、ステップワイズ法(変数増減法)を実施した。さらに、独立変数間の多重共線性の影響を排除するため、各変数間のVIF(Variance Inflation Factor、分散拡大要因)を算出し、10を超えたものについては、適宜、従属変数である設備投資額との相関係数が低い独立変数を回帰式(直線)より外した。

### <各モデルの回帰分析結果>

ステップワイズ法(変数増減法)による回帰分析の結果、各モデル・対象期間において、自由度調整済み決定係数( $R^2_{adj}$ )が最も高いものを選択した(図表9)。

図表9 各モデルの回帰分析結果

#### (1) 経済産業省モデル

対象期間	独立変数	日経簡易 キャッシュフロー	設備 過剰感	景況感	負債比率	長期プライ ムレート	切片	自由度調整済 決定係数
		CF	PDI	BDI	DR	PR	$b_0$	$R^2_{adj}$
1982 ┆ 2001	ラグ	1			1			0.727 (0.001)
	VIF	1.012	1.403		1.054	1.376		
	係数	0.236	0.017		0.927 *	0.124	0.463	
	t値	3.074	5.036		1.713	5.796	1.160	
1982 ┆ 1991	ラグ		1					0.851 (0.005)
	VIF	1.041	1.609		1.659			
	係数	0.278	0.011		1.043 *		0.579	
	t値	3.667	3.449		1.979		1.431	
1992 ┆ 2001	ラグ	1						0.940 (0.000)
	VIF	1.114	2.449	2.622	1.677			
	係数	0.145	0.008	0.008	1.536		1.942	
	t値	2.897	2.287	3.115	3.226		6.495	

( 2 ) 拡張モデル

対象期間	独立変数	日経簡易 キャッシュフロー	設備 過剰感	景況感	負債比率	長期プライ ムレート	為替レート ( ¥/US\$ )	切片	自由度調整済 決定係数
		CF	PDI	BDI	DR	PR	ER	b <sub>0</sub>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>
1982 ┆ 2001	ラグ	1			1		1		0.728 ( 0.000 )
	VIF	1.180	1.549		1.609	4.234	3.819		
	係数	0.268	0.018		1.332 *	0.156	0.002	0.061	
	t 値	3.243	5.122		1.997	4.162	1.034	0.110	
1982 ┆ 1991	ラグ		1						0.851 ( 0.005 )
	VIF	1.041	1.609		1.659				
	係数	0.278	0.011		1.043 *			0.579	
	t 値	3.667	3.449		1.979			1.431	
1992 ┆ 2001	ラグ	1		1					0.991 ( 0.000 )
	VIF	1.640	2.392	4.339	2.355		5.387		
	係数	0.094	0.011	0.010	3.087		0.015 *	4.829	
	t 値	3.940	8.089	9.200	13.989		6.308	12.089	

- 注) 1. t 値の絶対値が 2 以上の箇所には網掛けをしてある。  
 2. 係数の符号が想定と異なっている箇所には数値の右肩にアスタリスク「\*」を付与している。  
 3. 自由度調整済決定係数の( )は、有意性検定を表示している。

( 1 ) 経済産業省モデルと( 2 ) 拡張モデルの特徴は、次の通りである。

ステップワイズ法( 変数増減法 ) による回帰分析を実施し、VIF ( Variance Inflation Factor、分散拡大要因 ) = 10 を超えたものについては、適宜、独立変数から外した結果、全てのモデルにおいて、国内企業物価( GP )を独立変数より除外した。その結果、全ての対象期間において、キャッシュフロー( CF )および設備過剰感( PDI )の影響が統計的に有意となっている

景況感( BDI )は、日米半導体協定後半( 1992 ~ 2001 年度 ) においてのみ、独立変数としての影響が統計的に有意となっている。

負債比率( DR )は、負債比率が高い場合は設備投資に消極的となり、反対に低い場合は積極的になると考えられることから、係数の符号はプラスを想定していたが、日米半導体協定全期間( 1982 ~ 2001 年度 ) および日米半導体協定前半( 1982 ~ 1991 年度 ) においては、係数の符号が先述の想定と逆のマイナスになっている。一方、日米半導体協定後半( 1992 ~ 2001 年度 ) においては、係数の符号が想定と同じプラスとなっており、期間により係数の符号が変化している。

為替レート( ER )は、日本の半導体企業は輸出産業であるため、円高の場合は設備投資に消極的となり、反対に円安場合は積極的になると考えられることから、日米半導体協定全期間( 1982 ~ 2001 年度 ) においては係数の符号が想定と同じとなっているものの、日米半導体協定後半( 1992 ~ 2001 年度 ) にお

いては、係数の符号が先述の想定と逆になっている。

< 回帰分析結果の考察 >

回帰分析の結果、次のことが考察される。

自由度調整済み決定係数( $R^2_{adj}$ )は、日米半導体協定前半(1982～1991年度)においては、(1)経済産業省モデルと(2)拡張モデルとの差はなく、ともに $R^2_{adj} = 0.851, p < 0.05$ であった。しかも、同じ独立変数のもとでの計測結果である。日米半導体協定全期間(1982～2001年度)および日米半導体協定後半(1992～2001年度)においては、(2)拡張モデルの方が、自由度調整済み決定係数( $R^2_{adj}$ )が高く、それぞれ、 $R^2_{adj} = 0.728, p < 0.05$ 、 $0.991, p < 0.05$ となり、高い説明力を有していることがわかる。為替レートを組み込んだ拡張モデルは一応成功していると言える。

次に、日米半導体協定前半(1982～1991年度)と後半(1992～2001年度)に分けて考察を加える。まず前半においては、同期間においてダンピング(日本製半導体の米国市場および第三国市場におけるコスト以下での販売)の解消に一定の成果があったにもかかわらず、負債比率( $DR$ )の係数の符号が先述の想定と逆になっている。同期間のうち1980年代後半には日本の半導体企業の世界シェア50%を超えており、財政状態に関係なく設備投資を積極的に実施していることから、ダンピングの解消は設備投資に影響を与えていないことが推察される。

一方、日米半導体協定後半(1992～2001年度)においては、負債比率( $DR$ )の係数の符号が先述の想定と同方向に転換している。協定後半の数値目標(日本市場における外国製半導体のシェア20%以上)達成による影響により、協定前半の積極的な設備投資行動から一転し慎重になり、設備投資に影響を与えていることが推察される。

また、為替レート( $ER$ )の係数の符号が先述の想定と逆になっている。同期間の半導体等電子部品の貿易特化係数<sup>24)</sup>が0.63から0.31に半減し、輸入特化に傾斜していることから、協定後半の数値目標(日本市場における外国製半導体のシェア20%以上)達成が設備投資に影響を与えていると推察される。

---

24) 貿易特化係数は、国の輸出競争力を示す指標の一つで、「国際競争力係数」や「輸出特化係数」とも呼ばれ、ある品目の輸出額から輸入額を差し引いた純輸出額(純輸入額)を、その品目の輸出額と輸入額を足した総貿易額で割った数値(指標)をいう。通常、本指標は、プラス1からマイナス1の範囲内にあり、プラス1に近づくほど外国に対する輸出競争力が強く、逆にマイナス1に近づくほど外国に対する輸出競争力が弱いとされる。その概念は、プラス1の場合は「輸出に特化」、0(ゼロ)の場合は「輸出入均衡」、マイナス1の場合は「輸入に特化」となる。



さらに同期間においては景況感(  $BDI$  )も独立変数として有意であるため、協定前半( 1982 ~ 1991年度 )に比べ、独立変数が増加しており、半導体企業の設備投資の意思決定の要因がより複雑になったことが伺える。

この結果、協定前半のダンピングの解消よりも、協定後半の数値目標( 日本市場における外国製半導体のシェア 20%以上 )達成の方が設備投資に影響を与えていることが推察される。

また、( 1 )経済産業省モデルと( 2 )拡張モデルとの比較では、独立変数に為替レート(  $ER$  )を加えた( 2 )拡張モデルの方が自由度調整済み決定係数(  $R^2_{adj}$  )は高くなっている。

日本の半導体企業の財務諸表( 日本の会計基準 )においては、外貨建て取引は円貨に換算換えを行ったうえで作成されており、為替レート(  $ER$  )の影響は、既にキャッシュフロー(  $CF$  )に折り込まれていると仮定すると、先述のとおり全ての対象期間において、キャッシュフロー(  $CF$  )が有意であることから、独立変数として為替レート(  $ER$  )がモデルに与える影響は限定的であると推察される。しかしながら、日米半導体協定の対象期間を、前半( 1982 ~ 1991年度 )および後半( 1992 ~ 2001年度 )にわけて設備投資を従属変数とする回帰分析を実施することにより、日米半導体協定後半( 1992 ~ 2001年度 )における( 2 )拡張モデルの為替レート(  $ER$  )は、 $t = 6.308$ と統計的に有意であるため、特定の期間において独立変数として回帰式( 直線 )に組入れ、分析を行うことも有意であると考えられる。

## ．おわりに

半導体市場は、シリコンサイクルと呼ばれる4年程度で好不況が周期的に変化し、習熟効果による製品価格の低下が激しいものの、ムーアの法則を依りどころとする持続的な技術進歩により、現在に至るまで40年以上にわたって継続的に成長している。このため継続的で多額の設備投資が必要な市場となっている。この多額の設備投資により、半導体の製造原価の実に6割強が半導体製造装置を主とする減価償却費で占められている。特に前工程のうち露光装置をはじめとするウェハプロセス用処理装置の占める割合が大きく、今後も半導体の世代交代とともに露光装置の価格は上昇し続けるため、減価償却費の占める割合は一層高くなることが予想される。この結果、1企業が開発から設計、生産、販売を全て手掛ける垂直統合型のIDM( Integrated Device Manufacturer )だけでなく、開発・

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

設計のみを行うファブレス企業や、生産を請け負うファウンドリ、後工程を請け負うサブコンなど水平分業型の企業形態が共存するようになったが、1980年代に全盛期を迎えた日本の IDM は、半導体産業構造の変化に適応できず、1990年代から衰退の一途をたどった。

1990年代以降の日本の半導体企業の凋落の要因を探るため、1986年以降 10 年間にわたり締結された日米半導体協定と凋落の開始時期が重なることから、継続的な設備投資が不可欠な半導体産業の特性に着目して、1982年度から 2001年度までの 20年間に於いて、日米半導体協定の更新を迎えた 1991年を分岐点として、その前後期間の日本の半導体企業の設備投資の回帰分析を実施し、日米半導体協定が与えた影響を検証した。

半導体企業の構造変遷と日米半導体協定を中心に整理し、考察することで、日米半導体協定が日本の半導体企業の凋落の一因であることが推察された。

日米半導体協定の対象期間を、前半( 1982 ~ 1991年度 )および後半( 1992 ~ 2001年度 )にわけて設備投資を従属変数とする回帰分析を実施することで、協定前半によるダンピングよりも協定後半の数値目標( 日本市場における外国製半導体のシェア 20%以上 )の方が設備投資に与えた影響が大きいたことが示された。

今回は 1982年度から 2001年度までを検証したが、2000年前後に於いて日本の半導体企業は以下のとおり大きな再編を行っている。

1999年 12月、NEC と日立製作所が DRAM 部門を分社化して統合し、エルピーダメモリ( NEC 日立メモリ )を設立。

2002年 5月、NEC が DRAM 以外の LSI 事業を分社化して、NEC エレクトロニクスを設立。

2003年 4月、日立製作所と三菱電機がシステム LSI 事業を分社化して統合し、ルネサス テクノロジを設立。

2010年 4月、ルネサス テクノロジと NEC エレクトロニクスが経営統合し、ルネサス エレクトロニクスを設立。

今後は日本の半導体企業の再編が相次いだ 2002年以降についての設備投資の状況を実証により明らかにすると共に、勤務先での設備投資の意思決定モデル構築の一助となるべく、研究を進めたい。

( 筆者は、関西学院大学大学院商学研究科博士課程後期課程 2 年 )

参考文献

- 経済産業省[ 2010 ],『産業活動分析 平成 22 年 4 - 6 月期 トピックス分析 設備投資の動向について』, <http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/report/bunseki/pdf/h22/h4a1009j2.pdf>.
- 産業タイムズ社[ 1983 ~ 2005 ],『半導体産業計画総覧』産業タイムズ社 .
- 通商産業省[ 1986 ~ 1995 ],『通商白書各論』通商産業調査会 .
- 石島達晃[ 2011 ],『BOP 半導体向けローエンド型製造装置ビジネスへの挑戦』, [https://dspace.wul.waseda.ac.jp/dspace/bitstream/2065/34087/1/Rev\\_Shuron\\_Ishijima.pdf](https://dspace.wul.waseda.ac.jp/dspace/bitstream/2065/34087/1/Rev_Shuron_Ishijima.pdf).
- 泉谷渉[ 2004 ],『図解 半導体業界ハンドブック』東洋経済新報社 .
- 伊丹敬之・伊丹研究室[ 1995 ],『なぜ「三つの逆転」は起こったか・日本の半導体産業』NTT 出版 .
- 伊東維年・肥塚浩・柳井雅也[ 2001 ],「半導体企業の経営・立地戦略の転換と半導体生産拠点の変容」『経済地理学年報』第 47 巻第 4 号, pp.71-75, 経済地理学会 .
- 大屋根聡[ 2002 ],『日米韓半導体摩擦』有信堂 .
- 肥塚浩[ 1992 ],「日本半導体製造装置産業の分析」『立命館経済学』第 41 巻第 1 号, pp.116-142, 立命館大学経済学会 .
- 肥塚浩[ 2010 ],「半導体ビジネスの戦略転換：日本メーカーの事例」『立命館経営学』第 48 巻第 6 号, pp.21-41, 立命館大学 .
- 肥塚浩[ 2011( a )],「日本および中国の半導体産業の動向」『立命館国際地域研究』第 33 巻, pp.1-12, 立命館大学 .
- 肥塚浩[ 2011( b )],「半導体製造装置産業の現状分析」『立命館経営学』第 49 巻第 5 号, pp.97-113, 立命館大学 .
- 谷光太郎[ 2002 ],『日米韓台半導体産業比較』白桃書房 .
- 中馬宏之・橋本哲一[ 2007 ],「日本はなぜ DRAM で世界に敗れたのかその敗因の根幹を検証する( 1 )」『日経マイクロデバイス』2007 年 03 月号, pp.41-47 日経 BP 社 .
- 中馬宏之・橋本哲一[ 2007 ],「日本はなぜ DRAM で世界に敗れたのかその敗因

## 半導体企業の設備投資に関する実証研究

の根幹を検証する(2)」『日経マイクロデバイス』2007年04月号, pp.43-50  
日経BP社.

中馬宏之[2007],「半導体生産システムの競争力弱化要因を探る-メタ摺り合わせ力の視点から」『RIETI ディスカッションペーパー』06-J-043, 経済産業研究所, <http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/06j043.pdf>.

土屋大洋「日米半導体摩擦の分析-数値目標とその影響-」『法学政治学論究』第25号(1995年夏季号) pp.343-373, 慶應義塾大学大学院法学研究科内法学政治学論究刊行会.

電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会[2003, 2009],『IC ガイドブック』日経BP企画.

電子情報技術産業協会 IC ガイドブック編集委員会[2012],『IC ガイドブック』産業タイムズ社.

野木村忠邦[1987],「日米半導体協定をめぐる諸問題」『経済法学会年報』第8号, pp.163-172, 有斐閣.

湯之上隆[2009],『日本「半導体」敗戦』光文社.

湯之上隆[2011],「特集 破壊的イノベーションの脅威 日本半導体敗戦-破壊的イノベーションの威力と脅威」『技術と経済』第531号, pp.2-13, 科学技術と経済の会.